



Contribution du SIG à l'Elaboration D'une Méthodologique de Calcul des Paramètres Physiographiques D'un Bassin Versant, Cas du Bassin Versant de l'Oued M'zab, Algérie

ACHOUR Mansour⁽¹⁾, HASSANI Moulay IDriss⁽¹⁾, HADJ BRAHIM Abla⁽²⁾

⁽¹⁾Laboratoire GEOREN, FSTGAT, Université d'Oran 2,

⁽²⁾Département STU, Faculté HERSTU, Université de Ouargla.

achour_m343@hotmail.com

abla55brahim@gmail.com

Résumé : Le système d'information géographique (SIG) constitue actuellement un moyen très développé de traitement des données spatiales et cela dans divers domaines scientifiques. C'est une méthode très développée de cartographie, permettant la manipulation et le traitement informatisés de données géographiques.

Le travail en question, vise à démontrer le grand intérêt qu'on peut tirer à travers l'utilisation des diverses applications (tools) offertes par ce système dans le domaine de l'hydrologie des bassins versants. Nous avons exploité cette technique pour étudier la physio-graphique du bassin versant de l'Oued M'zab.

En se basant sur l'analyse spatiale détaillée du modèle numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude, ainsi que de l'image multispectrale du satellite américain Landsat 8 à 30 m de résolution, nous avons pu étudier les diverses caractéristiques physio-graphiques du bassin versant de l'Oued M'zab, et cela avec une grande précision, à l'égard des méthodes classiques (planimétrie, curvimétrie, cartes topographiques, etc.). Une base de données à variable morphométrique du bassin versant a été construite dans le but de contribuer à la conception d'une stratégie dans le domaine de l'occupation du sol permettant d'orienter au mieux les futurs projets relatifs au réaménagement environnemental du bassin versant de l'Oued M'zab.

Mots clés : SIG, analyse spatiale, MNT, bassin versant, physiographie, environnement, Oued M'zab.

I. INTRODUCTION

On appelle bassin versant d'un cours d'eau considéré, l'aire limitée par le contour, à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers le point le plus en aval dit exutoire du bassin [9]. Il fonctionne en tant qu'un collecteur chargé de recueillir les pluies et de les transformer en écoulement à l'exutoire. Cette transformation dépend non seulement des conditions climatologiques, mais aussi des caractéristiques morphologiques de ce bassin (forme, relief, chevelu orographique.). Des difficultés sont souvent rencontrées affrontées dans l'estimation et le calcul de ces paramètres morphologiques, d'une part, à cause de l'utilisation de méthodes manuelles et classiques fastidieuses et, d'autre part, pour les raisons induites de temps de réalisation et des coûts financiers.

Ce travail a été réalisé dans le but d'étudier la géomorphologie du bassin versant de l'Oued M'zab, tout en profitant de l'apport des applications du SIG dans le domaine de l'hydrologie. Le traitement des modèles numériques de terrain (MNT), ainsi que les images satellitaires à résolution élevée (30m), nous ont permis l'extraction plus d'une dizaine des cartes numériques et de calculer plus de trente paramètres morphologiques caractérisant le bassin versant. Le tout a été réalisé en un temps raccourci assurant une fidélité efficace comparée à celle des méthodes classiques.

II. PRESENTATION DE LA ZONE

II.1. Le bassin versant de l'Oued M'zab :

Le bassin versant de l'Oued M'zab fait partie de l'ensemble du réseau hydrographique de la dorsale du M'zab, communément appelé " la chebkat du M'zab" [6]. En fait, les bassins de la dorsale eux même se confondent avec le grand bassin versant du chott Melrhir, codifié par le numéro 13 selon la classification de l'ANRH. Le bassin en question présente une superficie totale de 6115 km² [1]. L'Oued M'zab coule sensiblement d'Ouest en Est soit, de la région de Botma Rouila (source) à la Sebket Safioune (exutoire du bassin).

Le bassin abrite la vallée de la pentapole du M'zab, considérée l'une des plus grandes oasis du Sahara algérien, à laquelle s'ajoute, plus vers l'Est l'oasis de Zelfana. Administrativement, la zone fait partie de la wilaya de Ghardaïa (figure. 1).

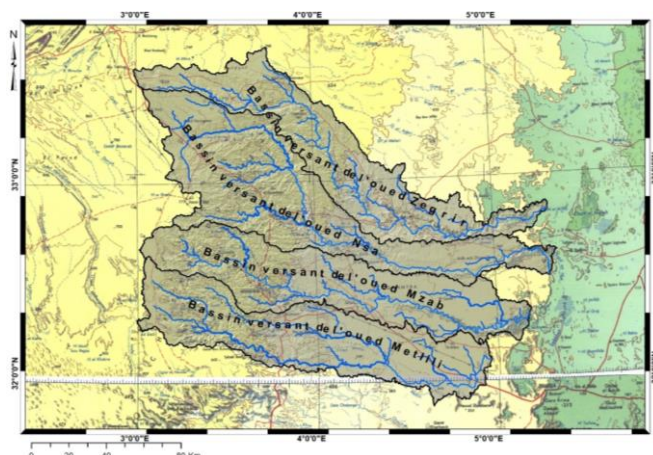


Figure 1 : Les bassins versants de la dorsale du M'zab

Les principaux affluents de l'Oued M'zab sont : en amont de la ville de Ghardaïa ; sur la rive gauche, l'Oued El Hameur qui conflue à la Daya ben Dahoua au méridien 3°37', sur la rive droite l'Oued Touzouz qui rejoint le M'zab en amont de la palmeraie de Ghardaïa (Bouchen) au méridien 3°38'. En aval de la ville de Ghardaïa, on rencontre, à droite, au niveau de Beni Isguen, l'Oued N'tissa au méridien 3°41', le côté gauche, au méridien 3°42' ; l'Oued Azouil. Plus loin, en aval de la pentapole mozabite, on trouve sur la rive droite l'Oued Noumerat (3°57'), sur la rive gauche et en amont de Zelfana, l'Oued Nessaimou (4°7'). Plus en aval on rencontre l'Oued Hassei sur la rive droite

(4°25'), qui draine la partie Nord du bassin du M'zab[6].

Les altitudes sont relativement faibles, elles diminuent progressivement de l'amont vers l'aval, 772 mètres point culminant à Botma Rouila, 508 mètres à Bouchen, 505 à 485 mètres au niveau de la ville de Ghardaïa, 455 à 450 mètres au niveau d'El Atteuf, 310 mètres à Zelfana et 124 mètres au point le plus bas à Sebket Safioune (exutoire du bassin)[1].

La pluviosité est faible caractérisant le climat saharien. La moyenne des hauteurs enregistrées au cours de la période 1999-2009 est de 80 mm. Les ruissellements sont rares, dus aux averses orageuses abattant principalement l'amont du bassin. Les crues engendrées peuvent être dévastatrices débordant les berges de l'oued (1901, 1951, 1991, 2008). La hauteur d'eau peut atteindre plus de 8 mètres dans certaines sections de l'oued [1].

Sur le plan géologique, le bassin s'étale sur deux domaines bien différenciés. Dans la partie occidentale le bassin est entaillé dans les calcaires turoniens de la dorsale du M'zab, à réseau dense et très ramifié (figure. 2). A l'Est, le bassin à réseau lâche occupe une grande partie de la plaine type hamada (2122 km²), formée par des dépôts continentaux constitués de calcaires lacustres et de poudingues d'âge Pliocène[8].

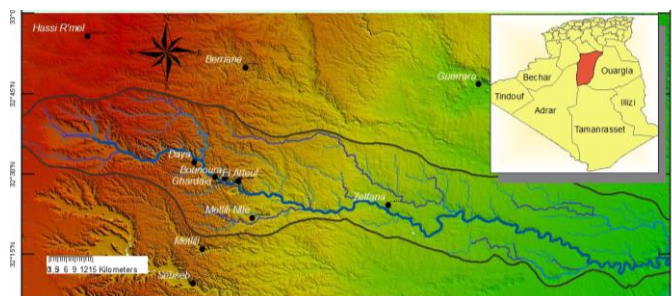


Figure 2 : Situation géographique du bassin versant de l'oued M'zab

III. MATERIEL ET METHODES

III.1. Environnement de travail :

Pour réaliser ce travail, des données multi-sources nous ont été accessibles constituées de données cartographiques comportant des cartes topographiques de la région au 1/200.000^{ème} publiées par l'INCT : GHARDAIA feuille NI-31-IV, GUERRARA feuille NI-31-V et EL HADJIRA feuille NI-31-VI. Nous avons également exploité la carte géologique du bas-Sahara au 1/2.000.000^{ème} issue des travaux de G. Busson (1967).

Du point de vue imagerie, nous avons utilisé des fichiers numériques de données altimétriques téléchargées du site de l'agence américaine NASA par le protocole internet FTP. Ces fichiers de type SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ont une résolution de 90x90 mètres (taille des pixels) et de coordonnées N32E003, N32E004 et N32E005, couvrant l'ensemble du bassin versant de l'Oued M'zab. Leur traitement nous a permis d'établir un modèle numérique de terrain (MNT), d'extraire plusieurs cartes numériques, et de calculer divers paramètres physiographiques du bassin. A ces données s'ajoutent les images satellitaires multi-spectrales de 30m de résolution recueillies par le satellite américain Landsat 8. Leur traitement a permis de mieux valider la qualité des résultats obtenus à partir des divers traitements effectués sur le modèle numérique de la région. Les logiciels SIG : Global Mapper et ArcGIS 10 ont été utilisés pour traiter les données de ce présent travail.

III.2. Démarche :

Dans un premier stade, nous avons effectué un prétraitement à fin éliminer les fines imperfections qui peuvent exister sur les fichiers des données MNT, car, en dépit des améliorations des caractéristiques technologiques des satellites radar (Interférométrie Radar), des lacunes et des

erreurs peuvent exister. Pour effectuer ce traitement nous avons utilisé l'outil d'analyse du troisième niveau Fill, à travers le programme ArcGIS 10 (fig. 3).

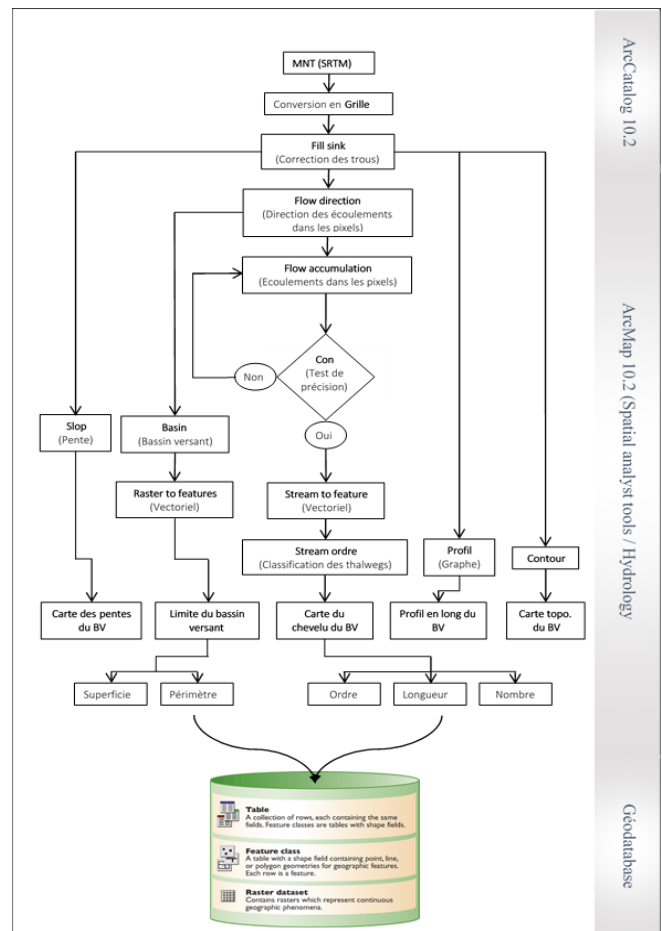


Figure 3 : Organigramme des étapes adoptées sous ArcGIS.

Outre, les artefacts altimétriques qui sont des zones ne représentant aucune forme réelle (zones planes et zones des dépressions), ont été traités. Nous avons utilisé la technique du pixel exutoire pour les zones planes et la technique dite bouche-trou pour les dépressions [10]. Ceci aura pour effet de rendre la continuité du réseau hydrographique.

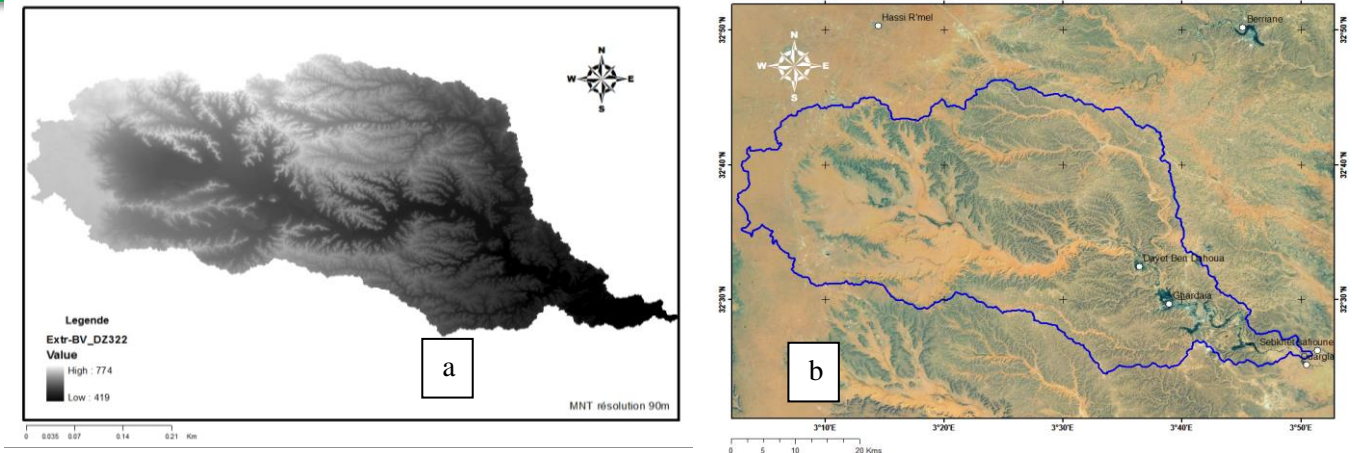


Figure 4 : a- Grille MNT du Sous-bassin versant de l'Oued M'zab, b- Image satellitaire du sous-bassin.

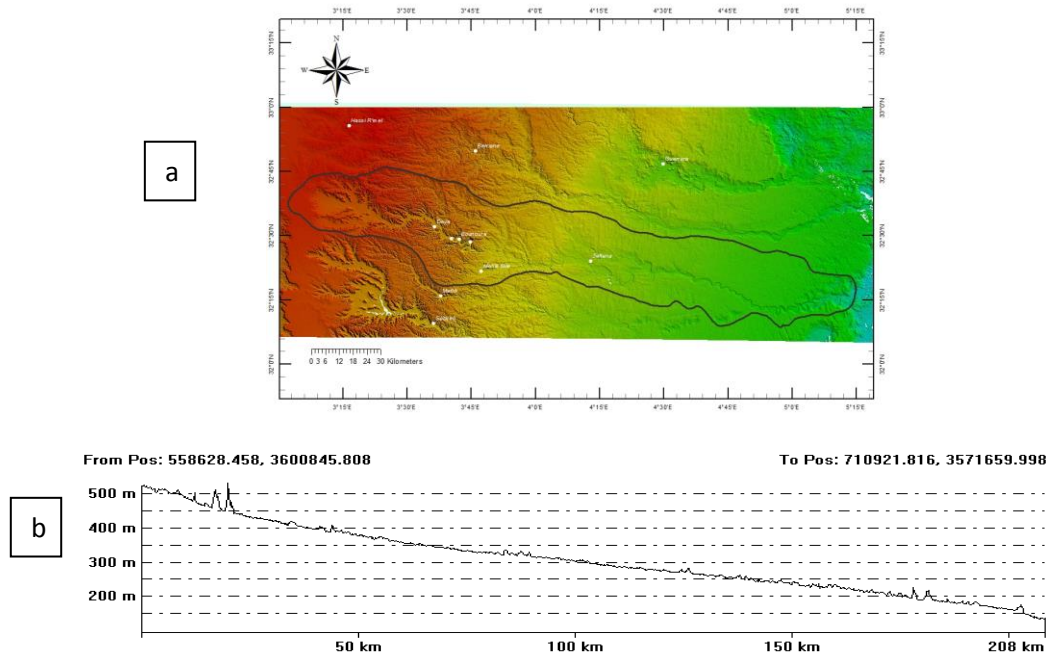


Figure 5 : a- Grille MNT avec effet d'ombre du bassin versant, b- Profil en long du bassin versant.

Par la méthode des D8 [10] nous avons calculer les écoulements et leur direction dans chaque pixel de l'MNT. Les fichiers rasters résultants permettront par la suite la manipulation pour l'extraction de diverses caractéristiques géométriques du bassin versant (contour, chevelu, classification des thalwegs selon la méthode Strahler, etc.). Les manipulations ont été effectuées avec les outils du troisième niveau (Spatial Analyst Tools / Hydrology) disponibles dans le programme ArcGIS 10 d'ESRI. Néanmoins, un test de sensibilité devait être appliqué avant la dérivation. Ce test permet de performer le traitement conditionnel dans chaque cellule du fichier raster

résultant. L'utilisation de ce test, disponible dans le programme ArcGIS en troisième niveau (Spatial Analyst Tools / Conditionnel), nous a permis de définir le seuil adéquat pour l'extraction d'un réseau hydrographique reflétant mieux la réalité topographique du bassin versant.

En deuxième stade de ce travail, nous avons procédé à travers les formes géométriques obtenues (type vectoriel), au calcul et à la mesure de toutes les variables géomorphologiques via le SIG. Le but

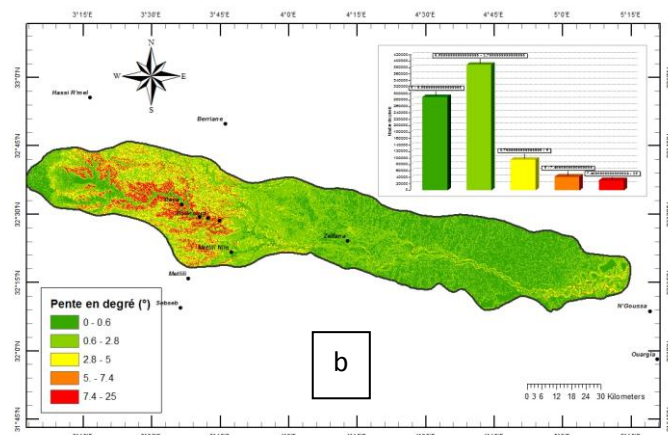
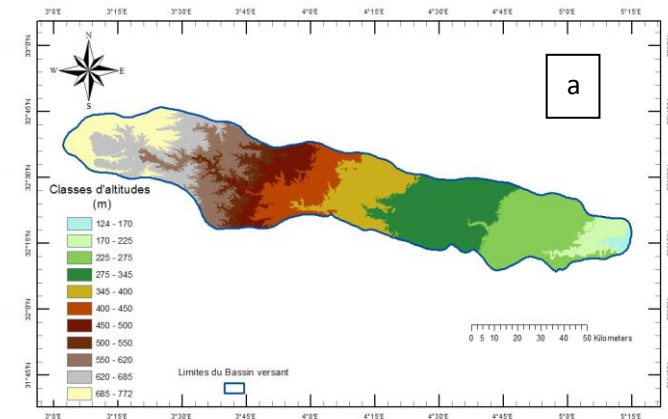
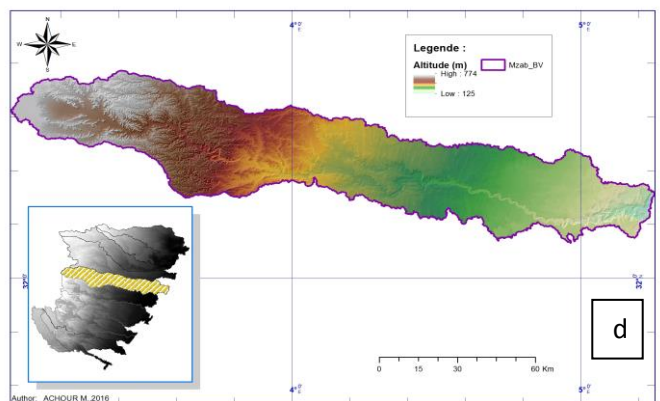
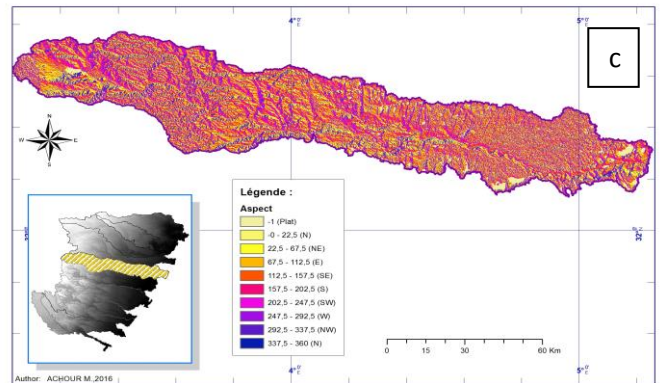
étant la création d'une base de données type GéoDataBase contenant toutes les mesures des surfaces, les périmètres, les longueurs et les pentes, ainsi que la combinaison mathématique des formules utilisées en hydrologie pour déterminer :

- les caractéristiques géométriques du bassin ;
- les caractéristiques du chevelu hydrographique ;
- les caractéristiques de relief du bassin versant.

La carte numérique du réseau hydrographique extraite du modèle numérique, a été comparée aux cartes obtenues par vectorisation des cartes topographiques scannées, ainsi que les images satellitaires Landsat 8. La comparaison a donné des résultats très satisfaisants.

IV. RESULTATS

Les applications du SIG nous ont permis d'élaborer plus d'une vingtaine de cartes numériques, créées à partir de la base de données des variables géomorphologiques du bassin versant de l'Oued M'zab, et cela avec une très grande précision (fig. 6-7):



En outre, les outils d'analyse SQL (Structured Query Language) offerts par les applications SIG, et à partir de notre base de données, on a pu mettre en pratique plus de 18 formules mathématiques, et de calculer plus de 15 paramètres morphologiques concernant le bassin versant de l'oued M'zab. Les tableaux ci-dessous récapitulent les principales valeurs obtenues :

Tableau I Caractéristiques De Relief Du Bassin Versant

Indice de pente de Roche	I_p	1,68
Indice de pente moyenne	I_m	3,06 m/km
Indice de pente globale	I_G	2,31 m/km
Dénivelée spécifique	D_s	180,40 m
Dénivelée utile	D_u	575 m
Altitude de fréquence	$H_{50\%}$	375 m
Altitude maximale	H_{max}	772 m
Altitude minimale	H_{min}	124 m
Altitude moyenne (formule)	H_{moy}	431,4 m
Altitude moyenne (MNT)	H_{moy}	434,2 m

Figure 6 : a- Classes d'altitude. b- Carte des pentes. c- Aspect des surfaces. d- relief avec effets d'ombre.

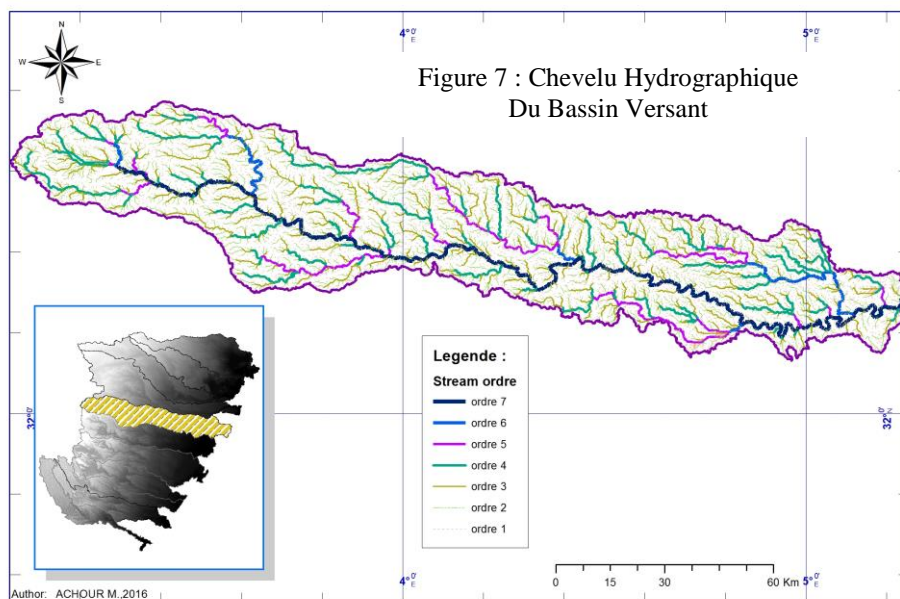


Tableau II Caractéristiques Du Chevelu Hydrographique Du Bassin Versant

Nombre d'ordre des thalwegs		6
Nombre total des thalwegs		2744
Longueur totale des thalwegs	L	5494,40 km
Rapport de confluence	R _C	4,731
Rapport de longueur moyenne	R _L	4,273
Densité des thalwegs élémentaires	F ₁	0,36 thalwegs/km ²
Densité de drainage	D _d	0,899 km/km ²
Coefficient de torrencialité	C _t	0,33
Temps de concentration	T _c	
- Formule algérienne (1992)	T _{c1}	86,8 heures
- Formule de Giandotti	T _{c2}	54,3 heures
- Formule SCS	T _{c3}	57,2 heures
Vitesse d'écoulement de l'eau	V _c	1,27 m/s
Lame d'eau ruisselée (Fersi (1979b))	L _R	0,026mm (0,16 Mm ³ /an)

Tableau III Caractéristiques Géométriques Du Bassin Versant

Surface du bassin	S	6115	km ²
Périmètre du bassin	P	480,88	km
La plus grande longueur	L _{max}	211,3	km
La plus grande largeur	l _{max}	40,23	km
Distance Exutoire-Centre de gravité	D _g	105,6	km
Longueur du plus long thalweg	L _t	301,40	km
Centre de gravité du bassin	C _g	(04°08'28", 32°27'28")	
Longueur du rectangle équivalent	L _r	211,53	km
Largeur du rectangle équivalent	l _r	28,91	km
Compacité de Gravelius	K _G	1,72	



Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement

12 - 14 Mars 2019, Ouargla (Algérie)



V. CONCLUSION :

Il ressort de cette présente étude que, la mise en application des outils d'analyses puissants offerts par les systèmes d'information géographique requiert une grande importance dans le domaine de l'hydrologie. L'étude nous a permis de mettre en œuvre de plus d'une dizaine de cartes morphométriques, et de calculer plus de 33 paramètres géomorphologiques du bassin versant de l'oued M'zab. Cette importante base de données a été construite à partir de l'extraction et la dérivation du modèle numérique de la région. Elle servira certainement comme une base pour les futurs projets relatifs au réaménagement environnemental du bassin.

La méthodologie que nous avons présentée, permet de tirer profit de l'utilisation du SIG pour le calcul des paramètres géomorphologiques d'un bassin versant de façon efficiente et par conséquent plus crédible. Le temps consacré jadis au calcul et au traitement se trouve aujourd'hui raccourci, et il reste maintenant beaucoup pour l'interprétation et la validation des résultats ainsi obtenus. Cependant, une bonne connaissance en matière du SIG est indispensable pour en profiter de façon optimale de ses outils d'analyses.

REFERENCES

- [1] Achour M. (2012): Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride, cas de la vallée du M'zab, thèse magister, Univ. d'Es-Senia, Oran.
- [2] Achour M., Bensaha H. (2010) : Réflexions pour préserver l'environnement, cas de la vallée du M'zab. colloque international, Université de
- Provence Marseille, France janv. 2011. (<http://www.lped.org/colloque-imep/fr/index.html>).
- [3] Bob Booth and Andy Mitchell (2001) : Getting Started with ArcGIS, GIS by ESRI, 261p.
- [4] Bob Booth, Scott Crosier, Jill Clark. (2004) : Building a Geodatabase.-382 p. ESRI (Environmental System Research Institute) - USA.
- [5] David O'Sullivan & David Unwin (2003) : Geographic Information Analysis, John Wiley & sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- [6] Dubief J. (1953) : Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie ; Service des Etudes Scientifiques ; Alger, Algérie.
- [7] ESRI (Environmental System Research Institute) (2010) : ArcGIS 10 desktop software help.
- [8] Hadj Brahim A. (2018): Etude hydrogéologique du Continental Intercalaire dans la région de Ghardaïa. Mémoire master, Univ. Ouargla.
- [9] Roche M. (1963) : Hydrologie de surface, Gauthier-Villars, Paris.
- [10] Rodriguez E., Morris C.S., Belz J.E.(2004) : An assessment of the SRTM Topographic Products, Jet Propulsion Laboratory, 143p, California, USA.
- [11] Données MNT SRTM : <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/srtm3/Africa>